第3卷，增刊　　动物学研究　　Vol.3, Suppl.
1982年10月　　ZOOLOGICAL RESEARCH　　Oct., 1982

黑翅土白蚁（Odontotermes formosanus）的活动和蚁巢发育与温湿关系的观察*

刘源智　唐国清　潘演征　　陈良德　何永忠
（四川省林业科学研究所）　　（四川省珙县林业局）

摘　要

根据巢群的不同发育阶段，在不同土质条件下，对蚁巢和周围土壤温度、含水量以及主要活动习性，按月作了连续三年的观察测定，共解剖蚁巢308个。结果表明：黑翅土白蚁最适宜的温度是20—26°C；蚁巢从巢群初建、成长到衰亡的发展演变过程中，主巢温度有一个由不稳定到稳定，再到不稳定的变化过程，当巢群发展到能产生有翅繁殖蚁的旺盛时期，冬季巢温保持在20—26°C之间，夏季不高出28°C；主巢菌圃含水量经常保持在57.4%左右；巢壳含水量比周围土壤高7.7%；幼年巢群主巢转移方式与季节有密切关系；土质和土层厚度对蚁巢分布深度和巢区位移影响明显。在此基础上，就巢内温、湿度的调节机制作了探讨，指出：巢内湿度的调节是由蚁群的冬集夏散来实现的，巢内温的稳定是菌圃不断从巢腔中吸收水分与蚁群不断消耗水分保持平衡的结果。

黑翅土白蚁属土栖性白蚁，土壤是它的特殊生态环境，土壤的温、湿度，土质及土层厚度等都将影响它建巢地点的选择和群体的各项活动习性，认识这些规律在白蚁防治上具有十分重要的意义。

本研究是1976年2月至1979年2月分别在不同土质条件的珙县和乐山同时进行的。

一、材料及方法

（一）解剖蚁巢规格、数量：

每月各地挖出供测定观察的巢群，应包括单腔巢、寡腔巢、多腔巢三类不同发育阶段，共5巢以上。

本文1980年10月17日收到。
* 本文承蒙中国科学院动物研究所蔡邦华教授、上海昆虫研究所夏凯龄教授、广东昆虫研究所平正明先生审阅并提出修改意见，特此致谢。

（二）测定观察方法：

1.蚁巢及周围土壤温度用95—B型半导体点温计测定。巢温指主巢中部或王宫附近的温度，而周围土壤温度系指与蚁巢入土深度相同的巢腔壁（巢壳）外土温。

2.取样10克，用烘干法测定蚁巢及周围土壤的含水量。

3.剖巢观察系指测定主巢离地高度（自巢顶算起）、长征，观察产卵和白蚁取食活动情况以及蚁巢结构等。

二、结　　果

（一）蚁巢及周围土壤温度：

1.巢温及其与周围土温的关系：冬季不同发育阶段巢群的蚁巢及周围土温如表1。

表1　不同发育阶段巢群冬季巢温与土温的关系

巢号	测定日期（年.月.日）	巢群发育阶段*	主巢大小〔（长×宽×高）厘米〕	主巢离地高（厘米）	主巢温度（℃）	周围土温（℃）	巢温与土温差（℃）
珙 107	78.1.7	单腔菌巢	1.5×1.5×1	30	11.5	11.5	0
珙 105	78.1.7	上位寡腔巢	5×4×4	70	11	11	0
珙 108	78.1.7	下位寡腔巢	30×20×25	80	12	11	1
乐 63	77.1.28	层积多腔巢	50×50×67	180	20	12	8
珙 116	78.1.12	层积多腔巢	50×50×60	120	24	12	12
荣 143	79.2.20	块积多腔巢	50×50×70	140	26	16.5	8
珙 134	78.2.26	萎缩多腔巢	80×70×50	180	19	15	4

* 蚁巢命名根据蔡邦华等（1965）论文。

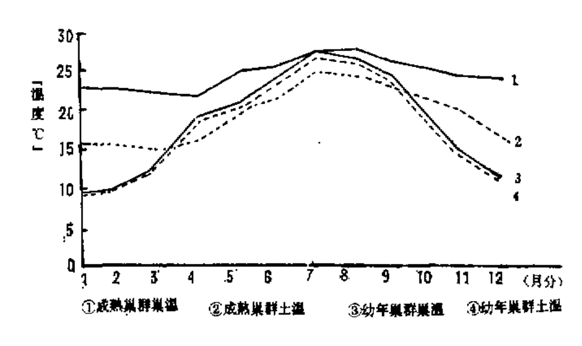
如表所示，巢群处于下位寡腔巢前的几个发育阶段，因群体小，主巢结构又简单，缺乏保温能力，巢温基本与土温近似。巢群发育到层积多腔巢以后，群体庞大，加上主巢结构复杂，泥骨发达，形成了较多空气隔离层，使热不易散失，当周围土温下降到16.5至12°C以后，巢温仍保持在20至26°C之间。巢群发展到萎缩多腔巢时，群体衰老，个体减少，虽然泥骨依然存在，巢温却有所下降。

夏季，当蚁巢周围土温升至23°C以后，尽管层积多腔巢等成熟巢群的巢温仍不低于周围土温，但都不高于下位寡腔巢前各发育阶段幼年巢群，最高28°C。表明成熟巢群有其相应的散热措施，测定结果见表2。

在四季的气候变化中，各发育阶段幼年巢群的巢温都随周围土温的变化而升降，而层积多腔巢和块积多腔巢等成熟巢群的巢温，虽也因周围土温的变化而有起伏，但一直保持在适宜的幅度内，如图1。

表 2　不同发育阶段巢群夏季巢温与土温的关系

巢　号	测定日期（年.月.日）	巢群发育阶段	主巢大小〔(长×宽×高)厘米〕	主巢温度（℃）	周围土温（℃）	巢温与土温差（℃）
珙 54	77.7.7	单腔空巢	2×1×1	28	28	0
珙 56	77.7.9	上位寡腔巢	15×10×10	27	26.5	0.5
珙 55	77.7.8	下位寡腔巢	30×30×30	27.5	27	0.5
珙 51	77.7.4	下位寡腔巢	40×30×30	27.5	25.5	2
珙 57	77.7.10	层积多腔巢	60×50×40	28	23	5
珙 67	77.8.11	层积多腔巢	50×50×40	27	24	3
珙 188	78.8.16	块积多腔巢	60×50×50	27.5	23	4.5



图一　巢温与土温的关系

2.巢温与蚁巢入土深度的关系：幼年巢群的巢温，冬季随蚁巢入土深度的增加而增高，夏季随入土深度的增加而减低（表 3）。

表 3　不同入土深度幼年巢群的巢温

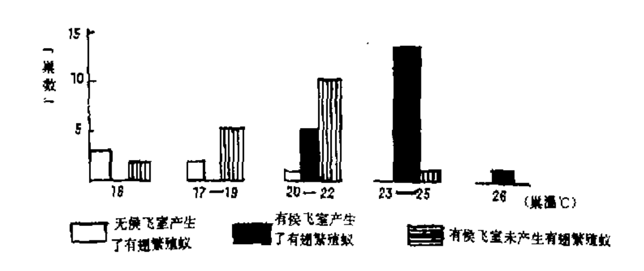
冬季				夏季			
测定日期（年.月.日）	蚁巢入土深度（厘米）	巢温（℃）	土温（℃）	测定日期（年.月.日）	蚁巢入土深度（厘米）	巢温（℃）	土温（℃）
77.12.11	10	10.0	10.0	77.7.7	20	28.0	28.0
77.1.7	70	11.0	11.0	77.7.9	30	27.5	27.0
77.1.11	100	12.0	11.0	77.7.9	50	27.0	26.5

成熟巢群的巢温，夏季不因入土深度的增加而减低，冬季也不因入土深度的增加而增高，说明巢温的稳定与入土深度无关，见表 4。

表4 不同入土深度成熟巢群的巢温

冬季				夏季			
测定日期（年.月.日）	蚁巢入土深度（厘米）	巢温（℃）	土温（℃）	测定日期（年.月.日）	蚁巢入土深度（厘米）	巢温（℃）	土温（℃）
77.12.12	85	23.0	17.5	77.7.30	90	27.0	24.0
77.12.16	100	26.0	17.0	77.8.11	120	27.0	24.0
77.12.14	140	24.0	18.0	77.8.24	140	27.0	22.0

3.成熟巢群冬季巢温与巢群能否产生有翅繁殖蚁的关系：有翅繁殖蚁的产生是巢群旺盛的标志。冬季测定这种巢群的温度对了解巢温与群体大小的关系有重要意义。兹将冬季测得能否产生有翅繁殖蚁的成熟巢群温度给入图2，以资比较。



图二 成熟巢群冬季巢温与能否产生有翅繁殖蚁的关系

幼年巢群的巢温与土温近似，冬季较低。但随巢群个体的增加，有翅繁殖蚁开始出现后就伴有温度的上升，以后，当巢群再次产生有翅繁殖蚁时，巢温不低于20°C，最高达26°C。而当年不产生有翅繁殖蚁的成熟巢群，巢温有所下降，其中一部分降到20°C以下，直到与土温近似，表明巢群已进入衰老阶段。

（二）蚁巢及周围土壤含水量：

1.主巢菌圃含水量及其与土质、蚁巢入土深度、周围土壤含水量的关系：经各月对14个单巢腔、61个寡腔巢、49个多腔巢的测定，主巢菌圃含水量都经常保持在55.0—61.4%之间，平均为57.4%。

更引人注意的是，巢群从初建到成熟的发展变动中，主巢菌圃含水量都不因土质、蚁巢入土深度及周围土壤含水量不同而有明显差异（表5、6），说明巢群有调节水湿的功能。

2.卫星菌圃含水量及其与主巢菌圃含水量的比较：如前所述，不同发育阶段巢群的主巢菌圃含水量相差无几，而它们的卫星菌圃含水量则较有出入。巢群处于幼年阶段，卫星菌圃与主巢菌圃的含水量是吻合的，巢群发育成熟后，卫星菌圃的含水量有所增高，平均比主巢菌圃高出3.4%，测定结果如表7。

表5　不同入土深度主巢菌圃及周围土壤含水量

巢　号	测定日期（年.月.日）	主巢入土深度（厘米）	主巢菌圃含水量（%）	周围土壤含水量（%）
珙 114	78.1.11	10	57.7	22.3
珙 105	78.1.7	70	57.0	25.5
珙 108	78.1.7	80	56.5	30.4
珙 112	78.1.11	100	58.0	26.0
珙 104	78.1.6	120	57.0	31.6

表6　不同土质中主巢菌圃及周围土壤含水量

黄色粘壤				黄色砂壤			
巢号	测定日期（年.月.日）	主巢菌圃含水量（%）	周围土壤含水量（%）	巢号	测定日期（年.月.日）	主巢菌圃含水量（%）	周围土壤含水量（%）
珙 41	77.6.8	58.0	31.8	乐 68	77.3.20	57.1	26.1
珙 48	77.6.24	57.5	29.5	乐 95	77.9.30	57.3	29.1
珙 104	78.1.6	57.0	31.4	乐 100	77.10.27	57.9	20.8
珙 114	78.1.11	57.7	22.3	乐 107	77.11.29	57.7	17.1
珙 125	78.2.20	57.6	30.4	乐 120	78.2.20	57.3	19.0

表7　不同发育阶段巢群卫星菌圃与主巢菌圃含水量比较

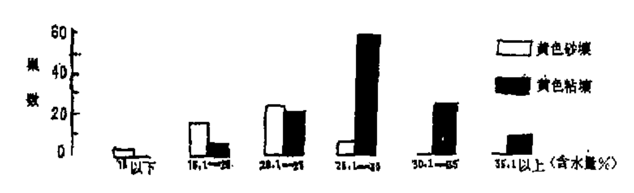
项目 / 巢群发育阶段	测定巢数（个）	平均主巢菌圃含水量(%)	平均卫星菌圃含水量(%)
单腔巢（幼年巢群）	17	57.7	58.1
多腔巢（成熟巢群）	22	58.6	62.0

3.巢壳含水量及其与周围土壤含水量的比较：随群体的发展，在主巢几经转移的壮大中，巢腔壁亦相应加厚，到巢群成熟时，已塑造成厚达3厘米的巢壳，特别柔和、湿润，甚至出现游离水分，平均含水量比周围土壤高出7.7%，最高的多出19.2%，见表8。

表8　巢壳与周围土壤含水量比较（珙县，黄色粘壤）

测定巢数	巢壳平均含水量(%)	周围土壤平均含水量(%)	巢壳与周围土壤含水量之差(%)
37	36.8	29.1	7.7

4.主巢周围土壤含水量：因巢群能调节巢内水湿，在含水量为19.7—38.2%的黄色粘壤和含水量为12.7—26.7%的黄色砂壤中它们都得以生存，但以含水量为25.1—30.0%的黄色粘壤和含水量为20.1—25.0%的黄色砂壤中建巢最多，如图3。



图三 主巢周围土壤含水量

（三）活动和蚁巢发育与温湿的关系：

1.出巢取食活动与温度的关系：蔡邦华、陈宁生等（1961）曾在荆江九堤对黑翅土白蚁春季和初夏的地表活动作过观察，指出："当平均气温约达12°C时，开始在地面作泥线、泥被取食植物；到最高气温达到25°C左右，平均气温接近20°C，最低气温也达到15°C左右时，地表活动出现大幅度的跃增现象"。

进入盛夏（7、8月）后，酷热多雨，平均最高气温超过30°C，这时地表10厘米以下的土温却不到30°C，白蚁的地表活动受到限制而转入地下。入秋后（9、10月），天气渐凉，地表活动再次出现大幅度的跃增。入冬后（12月），气温下降，再次转入地下。

2. 产卵活动与温度的关系：现将解剖各发育阶段巢群，观察其产卵情况列入表9。

表9 产 卵 习 性 观 察

巢群发育阶段		各月解剖巢数和有卵的蚁巢比例											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
单腔巢	幼年巢	9(0)*	8(0)	9(0)	2(50)	4(100)	3(66.7)	5(66.7)	7(87.5)	3(100)	4(75)	3(66.7)	5(0)
上位寡腔巢		5(0)	3(0)	2(0)	8(25)	5(60)	6(100)	3(100)	2(100)	4(75)	2(50)	3(33.3)	6(0)
下位寡腔巢		14(0)	5(0)	15(0)	10(50)	4(100)	8(87.5)	7(100)	7(100)	9(77.8)	10(70)	6(33.3)	9(0)
层积多腔巢	成熟巢	6(100)	4(100)	6(100)	6(100)	2(100)	2(100)	4(100)	6(100)	1(100)	1(100)	3(100)	4(100)
块积多腔巢		1(100)	4(100)	5(100)	5(100)	4(100)	3(100)	1(100)	4(100)	1(100)	4(100)	3(100)	4(100)
萎缩多腔巢		4(100)	3(66.7)	2(0)									1(0)

*（ ）内数字指有卵的蚁巢数占解剖巢数的%。

从上表结合巢温看出，所有幼年巢群，冬季停止产卵，出现季节性间歇，来年四月，土温回升到20°C后才又开始产卵。成熟的层积和块积多腔巢群，由于巢温稳定，巢内终年都能见到大量卵粒。冬季，我们还多次将蚁后移植到放有湿润草纸的培养皿中，带回低于当时巢温的室内，不久便观察到较多卵粒产出，表明巢中蚁后产卵终年不停。衰老的萎缩多腔巢群，入冬后巢温降到20°C以下，产卵不正常，，巢中卵粒少或者无卵。

另外，卵粒在巢内的堆放位置、方式也因气候变化而相应变换。头年九月至来年六

月，卵粒一般集中堆放在主巢中部，七、八两月，当蚁巢周围土温升到26°C后，卵粒堆放分散，除主巢中部外，卫星菌圃、主路、空腔中都堆放大量卵粒，这时，卵堆不是主巢标志。

3.主巢转移方式及其与季节的关系：据几年来的观察，黑翅土白蚁主巢向下转移的基本方式有两种：一种是先在原来主巢的下方造好新的主巢，然后蚁王、蚁后转移到新主巢的王宫中，我们称这种方式为“先造菌圃式”。此时新主巢一般都不小于旧主巢。另一种方式是在原来主巢下方先修好王宫，蚁王、蚁后就迁入新王宫中，然后在王宫周围营造菌圃，我们称为“后造菌圃式”。此时新主巢的菌圃小于旧主巢菌圃，甚致无菌圃。黑翅土白蚁在采取的主巢转移方式上与季节有一定关系，前一种常在入冬前观察到，后一种方式常在入冬后采用，所以在冬季用人工挖巢消除幼年巢群时，有相当一部分巢中，蚁王、蚁后居住的菌圃都不是巢中最大菌圃，甚致王宫周围无菌圃，现将冬季挖巢观察结果列入表10。

表10　幼年巢群主巢大小观察　（11—3月）

主巢大小	巢数	%
主巢菌圃是巢中最大菌圃者	21	47.8
主巢菌圃不是巢中最大菌圃者	10	22.8
王宫周围无菌圃者	13	29.4
合计	44	100

4.土壤对蚁巢分布的影响：黑翅土白蚁与土壤环境是一个不可分割的统一整体，土壤条件不同必然导致蚁巢发展变动的差异，现就土质和土层厚度与蚁巢发展的关系阐述于后。

（1）土质对蚁巢分布深度的影响：先将入土深度大致相同而土质不同的蚁巢周围土壤含水量比较如下（表11）。

表11　不同土质中蚁巢周围土壤含水量　（12—5月）

蚁巢入土深度（厘米）	黄色粘壤		黄色石壤		两种土质含水量之差（%）
	测定巢数（个）	平均含水量（%）	测定巢数（个）	平均含水量（%）	
30以内	11	26.5	9	19.9	6.6
31—60	14	27.4	11	21.6	6.8
61—90	10	27.1	3	22.3	4.8
91—120	9	29.6	3	24.1	5.5
121以上	10	28.6	3	22.3	6.3
合计	54	27.3	29	21.1	6.2

再将两种土质中成熟巢群的主巢入土深度统计于表12。

表12 不同土质中成熟巢群主巢入土深度统计

主巢入土深度（厘米）	黄色粘壤		黄色石壤	
	巢数	%	巢数	%
59以内	8	9.4	6	6.7
60—89	20	23.5	7	7.8
90—119	18	21.1	10	11.1
120—149	21	24.9	17	18.8
150以上	18	21.1	50	55.6
合计	85	100	90	100

以上两表说明，由于土质不同，蓄水性能不一样。以相同深度而论，黄色粘壤中蚁巢周围土壤含水量比黄色砂壤高4.8—6.8%，因而多数成熟巢群的主巢入土深度比黄色砂壤浅，入土在150厘米以上的只占总数的21.1%，而黄色砂壤中的却占55.6%。

（2）土层厚度对巢区位移影响：黑翅土白蚁蚁巢由浅入深的变动，是巢群各发育阶段对环境条件要求不同的反映，而掌握各发育阶段与生态因子之间的关系，对生产实践具有重要指导意义。

巢群处于幼年阶段，特别是初建的单腔巢群，巢内个体少，幼蚁比例大，缺乏远距离取食能力，对食料的要求比较突出，脱翅成虫定居和最初发展菌圃都入土不深，对蚁群出巢取食相对有利。

巢群发育成熟后，个体数量巨增，取食活动广泛，这时对水分有较高的要求，蚁巢向下发展，对保持常恒不变的水湿环境有利。因此，在土层浅薄、石砾较多地段发展起来的巢群，其发育过程中常因蚁巢的向下发展受到限制而有一个较大的水平方向迁移，整个巢区的最大距离可超出十米，这与堤坝上土壤结构均匀条件下巢区位移的情形全然不同。

据观察，脱翅成虫入土建巢时对入土地点不具特殊的选择能力。随着巢群的成长、巢区的位移，到巢群成熟时，蚁巢又有其在土坎、土埂、平地高处、林道拐弯等处分布的一般规律。分析其原因，这些地方土层深厚、湿润、沥水，适宜营建结构复杂的大型主巢。

三、巢内温湿度调节机制的探讨

前述结果，显示了巢群有其调节温湿度的功能。而温湿度的调节机制，前人报导不多，本文仅作一初步探讨。

（一）关于巢内温度的调节机制问题

巢内热能来源和冬季巢温的保持，蔡邦华、陈宁生（1964）曾作过全面论述，认为“在冬季土温下降后，一方面全部幼蚁和绝大部分工、兵蚁返回主巢集中，巢内虫口密度极高，虫体代谢作用和微生物的发酵作用能发出大量热能；另一方面，由于蚁巢有泥

骨、巢壳等保暖设备，使热能得到保持”。

从几年的观察测定看，夏季，当周围土温回升后，一方面工蚁大量出巢取食，幼蚁亦在土温回升到20°C左右开始离开主巢，土温回升到26°C左右，巢中卵粒分散堆放、孵化，这样，主巢内虫口密度降低，代谢热能减少；另一方面，由于巢内虫口降低，主巢菌圃疏松，使热能容易散失而达到调节目的。又据各月连续的剖巢观察，巢内泥骨无论冬夏并无多大变化。因此，我们初步认为，巢内温度是靠蚁群的冬集夏散来调节的。

幼年巢群，一方面蚁巢结构简单，主巢为单体式，无泥骨；另一方面群内个体少，且居住分散，虫口不能高度集中。衰老的巢群，尽管泥骨依然存在，终因发育衰退，产卵量小，虫口减低，代谢热能少，因而冬季巢温都未超过20°C。

（二）关于巢内湿度的调节机制问题

本文说的湿度是指主巢菌圃含水量。土壤中水分充裕，经测定，松、杉、茅草、蕨类根系及生活树木含水量都在60%以上，是林地白蚁获得水分的源泉。

从测定蚁巢含水量看出，幼年巢群的卫星菌圃含水量与各发育阶段巢群的主巢菌圃含水量基本接近，而成熟巢群的卫星菌圃含水量平均要比主巢菌圃高3.4%。这是因为幼年巢群的卫星菌圃和各发育阶段巢群的主巢菌圃的质地、颜色相似，菌圃年龄都不大。而成熟巢群的卫星菌圃，无论质地、颜色都与主巢菌圃全然不同，所测定的灰白色菌圃，其含水量都比主巢菌圃高。从蚁巢的发展动态看，后一类灰白色菌圃由前一类菌圃演变而来，年龄较老。从高出的水分说明，菌圃在发育中有不断从周围环境中吸收水分的功能。另外，在这两类菌圃上白蚁的活动量十分悬殊，活动时间也有长短之别。前者终年都有大量白蚁活动，后者白蚁活动量微，且冬季又被放弃。不难看出这高出的水分实质上是菌圃吸收水分与白蚁消耗水分失去平衡的结果。相反，含水量稳定的主巢菌圃和幼年巢群的卫星菌圃，是菌圃吸收水分与白蚁消耗水分保持平衡的结果。为了满足日益发展的巢群对水分的需要，除主巢多次向下转移外，巢腔壁特化而塑造巢壳，对供给巢内水分起到一定作用。

死去蚁王、蚁后的残群，因个体减少亦就丧失了这种调节性能，经对主巢菌圃测定，含水量都在62%以上。

参考文献

广东昆虫研究所　1977　堤坝白蚁。广东科学技术出版社。

广东昆虫研究所　1979　白蚁及其防治。科学出版社。

蔡邦华、陈宁生　1964　中国经济昆虫志（等翅目　白蚁）。中国科学出版社。

蔡邦华、陈宁生　1965　黑翅土白蚁 Odontotermes formosanus (Shirka) 的蚁巢结构及其发展。昆虫学报，14(1)：53—70。

蔡邦华、陈宁生　1965　长江大堤上黑翅土白蚁的地表活动及其与巢位的关系。昆虫学报，14(2)：128—139。

OBSERVATIONS ON THE RELATIONS BETWEEN THE ACTIVITIES OF *OBNTOTERMES FORMOSANUS* (SHIRAKI), ITS TERMITARIUM'S GROWTH, AND THE AMBIENT TEMPERATURE AND MOISTURE

Liu Yangzhi Tang Yuoqing Pang Yangzheng
(Forest Research Institute of Sichuan Province)

Chen Liangde He Yongzhong
(Forest Bureau of Gong County of Sichuan Province)

On the basis of the different stages of a colony of termites, and under the conditions of various kinds of soil quality, the observations and determinations of three years were made monthly on the nests, the ambient temperature, the moisture content, and the habits and characteristics of *Odontotermes formosanus*; and 308 nests were dug out and studied in all. From the results it is showed that 20—26°C is the most suitable for the colony' growth; that in the course of the development of the colony which undergoes a period of construction, a period of growth, and a period of decline, the termperature of the central chamber containing the royal pair has a process of change from unstableness to stableness, and to unstableness again, and when the development of the colony into such a period that the winged adults which is generative can appear the temperature of the nest in winter is maintained between 20 and 26°C, but that in summer is not more than 28°C; that the moisture content of the central chamber's fungus combs is often maintained at about 57.4%, and that of the nest shell is 7.7% higher than that of the ambient soil; that the migratory way of the central chamber of yong colony is closely related with the seasons, and the soil quality and the thickness of the soil layer have a sharp effect on the depth of the nest distribution and the migration of the nest zone. On the basis of all this, the mechanism of the temperature adjustment and moisture adjustment in the nest was studied. It is pointed out that the temperature adjustment is realized by the colony's gathering in winter and going in summer, and the stableness of the moisture in the nest is a result of the equilibrium which the fungus combs' drawing water continuously reaches with the colony's consuming the water continuously.